Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 122-135
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.84317

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۲ شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوّم ۱۴۰۰
صفحهٔ ۱۳۵-۱۲۲، نوع مقاله: پژوهشی

تحلیل عوامل محدودکننده عملکرد نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) در شرایط مدیترانه‌ای (مطالعه موردی: گنبدکاووس)

بهرام کمالی[۱]، علی راحمی کاریزکی[۲*]، عباس بیابانی[۳] و مهدی ملاشاهی[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد آگرواکولوژی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس؛ bkspkp@gmail.com
۲- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس
۳- دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس؛ abbass.biabani@gonbad.ac.ir
۴- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، mmollashahi@gonbad.ac.ir

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۰۵، بازنگری: ۱۳۹۸/۱۱/۱۴، پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۰۹؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
کمالی، ب.، راحمی کاریزکی، ع.، بیابانی، ع.، و ملاشاهی، م. ۱۴۰۰. تحلیل عوامل محدودکننده عملکرد نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) در شرایط مدیترانه‌ای (مطالعه موردی: گنبدکاووس). پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۲(۲): ۱۳۵-۱۲۲.

چکیده

به منظور ارزیابی خلأ عملکرد نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) و تعیین عوامل محدودکننده عملکرد و سهم هر یک از آن‌ها در ایجاد خلأ عملکرد، براساس اطلاعات جمع‌آوری‌شده مربوط به مدیریت زراعی (۴۵ متغیر) از ۴۰ مزرعه در سطح شهرستان گنبد کاووس، استان گلستان در سال ۹۷- ۱۳۹۶، تولید نخودفرنگی با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. عملکرد واقعی مزرعه و عملکرد پتانسیل، محاسبه‌شده با مدل به‌ترتیب برابر ۷۹۴۱ و ۱۷۷۰۸ کیلوگرم در هکتار و میزان خلأ عملکرد برابر ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. دلایل این خلأ عملکرد به ترتیب اهمیت عبارت بودند از: میزان بذر مصرفی (۱۹/۵۶ درصد)، میزان نیتروژن مصرفی (۱۷/۰۴ درصد)، دفعات مصرف علف‌کش (۱۵/۰۲ درصد)، مقدار پتاسیم قابل‌جذب در خاک (۱۳/۳۴ درصد)، مواد آلی خاک (۱۲/۸۱درصد)، مقدار فسفر قابل‌جذب در خاک (۱۱/۸۷ درصد)، تجربه کشاورز (۱۰/۳۶ درصد). بنابراین به نظر می‌رسد که با مدیریت صحیح مزارع و درنظرگرفتن عوامل خلأ عملکرد ذکرشده، می‌توان عملکرد نخودفرنگی در شهرستان گنبد را در حدود ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار نسبت به عملکردهای فعلی کشاورزان، افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: خلأ عملکرد؛ عملکرد پتانسیل؛ علف‌کش؛ نیتروژن

مقدمه

حبوبات نقش مهمی را در تأمین نیازهای غذایی انسان ایفا می‌کنند و منبع اصلی پروتئین در کشورهای درحال‌توسعه هستند، لذا نقش ویژه‌ای در تولید غذا در این کشورها دارند (Bagheri *et al.*, 2006; Seyedi *et al.*, 2018).

نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) گیاهی از خانواده حبوبات است و با آب و هوای سرد، سازگاری وسیع و مناسبی دارد. این گیاه دارای مقدار زیادی پروتئین خام و نشاسته است و بنابراین سرشار از انرژی می‌باشد (Abasian *et al.*, 2017). ارزیابی وضعیت تولید حبوبات به‌دلیل اهمیت آن‌ها در تغذیه مردم جهان و نقش آن‌ها در طراحی الگوهای کشت ضروری می‌باشد. ازبین‌بردن فاصله بین عملکردی که در حال حاضر در مزارع به‌دست می‌آید و عملکردی که می‌تواند به‌وسیله استفاده از بهترین ارقام سازگار با محیط و بهترین روش‌های مدیریت آب، خاک و گیاه به‌دست آید، راهکار کلیدی برای غلبه بر چالش تغذیه‌ای جمعیت در حال رشد جهان است (Hochman *et al.*, 2013). بنابراین، کاهش فاصله بین عملکرد واقعی و عملکرد پتانسیل یک راهکار مناسب و استراتژیک برای حل این

* نویسنده مسئول: rahemi@gonbad.ac.ir

موضوع به‌نظر می‌رسد (Van Ittersum *et al.*, 2013). اولین گام برای تعیین خلأ عملکرد در یک منطقه معین، اندازه‌گیری عملکرد پتانسیل است. منظور از عملکرد پتانسیل، عملکرد یک محصول تحت شرایط عدم محدودیت آب و عناصر غذایی و تنش‌های زیستی می‌باشد. در بیشتر سیستم‌های کشت زراعی اصلی، رسیدن به ۸۰ درصد عملکرد پتانسیل، به‌عنوان عملکرد قابل حصول و سطح بهینه اقتصادی تولید مورد توجه قرار می‌گیرد (Connor *et al.*, 2011). خلأ عملکرد به صورت اختلاف بین عملکردهای واقعی در مقابل عملکرد به‌دست‌آمده تحت شرایط مطلوب مدیریتی تعریف می‌شود (Lobell *et al.*, 2009). به‌عبارت بهتر، در یک منطقه مشخص، خلأ عملکرد عبارت از اختلاف بین عملکرد پتانسیل با عملکرد واقعی به‌دست‌آمده در مزارع کشاورزان آن منطقه می‌باشد (Van Ittersum *et al.*, 2013). آنالیز خلأ عملکرد، یک تخمین کمّی از امکان افزایش در ظرفیت تولید غذا برای یک ناحیه مشخص را فراهم می‌آورد که یک جزء مهم در طراحی راهبردهای تأمین غذا در مقیاس منطقه‌ای، ملی و در سطح جهانی است (Van Wart *et al.*, 2013).

عملکرد پتانسیل با روش‌های مختلفی اندازه‌گیری و تخمین زده می‌شود، بنابراین با توجه به نحوه برآورد عملکرد پتانسیل می‌توان خلأهای مختلفی را تخمین زد (Lobell *et al.*, 2009). حداقل چهار روش برای اندازه‌گیری عملکرد پتانسیل و در نهایت ارزیابی خلأ عملکرد در سطح محلی گزارش شده که عبارتند از: ۱- آزمایش‌های مزرعه‌ای، ۲- عملکرد رقابتی، ۳- حداکثر عملکردهای کشاورزان بر مبنای پیمایش و ۴- استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی‌شده رشد محصول (Van Ittersum *et al.*, 2013). این چهار مورد، روش‌های تعیین عملکرد پتانسیل و عملکرد قابل حصول هستند که با داشتن عملکرد واقعی و این عملکرد، می‌توان خلأ عملکرد را محاسبه کرد. CPA[1] (تحلیل مقایسه عملکرد) یکی از روش‌هایی است که برای کمی‌کردن خلأ عملکرد استفاده می‌شود. با استفاده از این روش محدودیت‌های اصلی عملکرد و توابع کمی شده برای خلأ عملکرد تعیین می‌شوند. در روش CPA با استفاده از رگرسیون چندگانه و با روش گام به گام محدودیت‌های عملکرد و در نهایت مدل تولید تعیین می‌شود. با استفاده از مدل تولید و مقادیر پارامترهای مدل، سهم هر یک از محدودیت‌ها در ایجاد خلأ عملکرد مشخص می‌گردد. برای اجرای موفق روش CPA، مطالعه باید روی یک طبقه خاصی از کاربری زمین متمرکز باشد و نیز سامانه‌های کاربری زمین جهت مطالعات پیمایشی باید شامل دامنه متنوعی از شرایط محیطی و فناوری‌های مختلف باشد (Torabi *et al.*, 2011).

در سال‌های اخیر به علت نگرانی‌های به‌وجودآمده در مورد مباحث امنیت غذایی، مطالعات در این زمینه و در مباحث خلأ عملکرد نیز در سطح جهان رو به افزایش بوده و لازم است تا با استفاده از روش‌های مناسب، اقدام به برآورد میزان خلأ عملکرد و دلایل آن و به عبارت دیگر شناسایی عوامل محدودکننده عملکرد پتانسیل نمود (Hajjarpour *et al.*, 2017). اکثر مطالعات خلأ عملکرد در ایران مربوط به استان گلستان می‌باشد. Torabi *et al*, (2011) براساس روش تحلیل مقایسه کارکرد به تحلیل عوامل محدودکننده عملکرد گندم در شرایط گرگان پرداختند. نتایج نشان داد که میزان مصرف پتاسیم، تغذیه نیتروژن و تاریخ کاشت به ترتیب با ۲۰، ۶۱ و ۱۹ درصد در خلأ عملکرد نقش دارند. شناسایی عوامل محدودکننده می‌تواند سبب برطرف‌شدن یا کاهش خلأ عملکرد شود. روش تحلیل مقایسه کارکرد گزینه مناسبی است که با استفاده از آن می‌توان عوامل محدودکننده عملکرد را شناسایی کرده و سپس نسبت به حذف این عوامل کاهنده عملکرد اقدام کرد. بررسی عملکردهای سالانه از مزارع سویا در شهرستان کلاله نشان داد که بین متوسط عملکرد به‌دست‌آمده از مزارع کشاورزان با حداکثر عملکرد به‌دست‌آمده در همان سال تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود دارد (Mansouri Rad, 2012).

Nekahi *et al*, (2014) با استفاده از روش CPA در بررسی خلأ عملکرد گندم دیم در بندرگز نشان دادند که بین متوسط عملکرد واقعی (۲۲۳۶ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد قابل حصول (۵۶۹۸ کیلوگرم در هکتار)، ۳۴۶۲ کیلوگرم در هکتار خلأ وجود دارد. آنها مهم‌ترین عوامل مؤثر در خلأ عملکرد را در تراکم بوته (۱۵ درصد)، تاریخ کاشت (۳۶ درصد)، رقم (۲۱ درصد) و عدم استفاده از علف‌کش تاپیک و گرانستار (۱۸ درصد) معرفی کردند. Nasiri Mahallati & Koochaki (2009) به‌منظور پهنه‌بندی استان خراسان از نظر پتانسیل عملکرد گندم مطالعه‌ای را انجام دادند و نتایج ایشان نشان داد که خلأ عملکرد در مناطقی که دارای پتانسیل عملکرد بالاتری هستند، بیشتر است. Gharineh *et al*, (2012) نیز مطالعه مشابهی را در استان خوزستان انجام دادند و استان خوزستان را از نظر کشاورزی اقلیمی به سه منطقه تولید گندم تقسیم‌بندی

---

[1] ۱- Comparative Performance Analysis

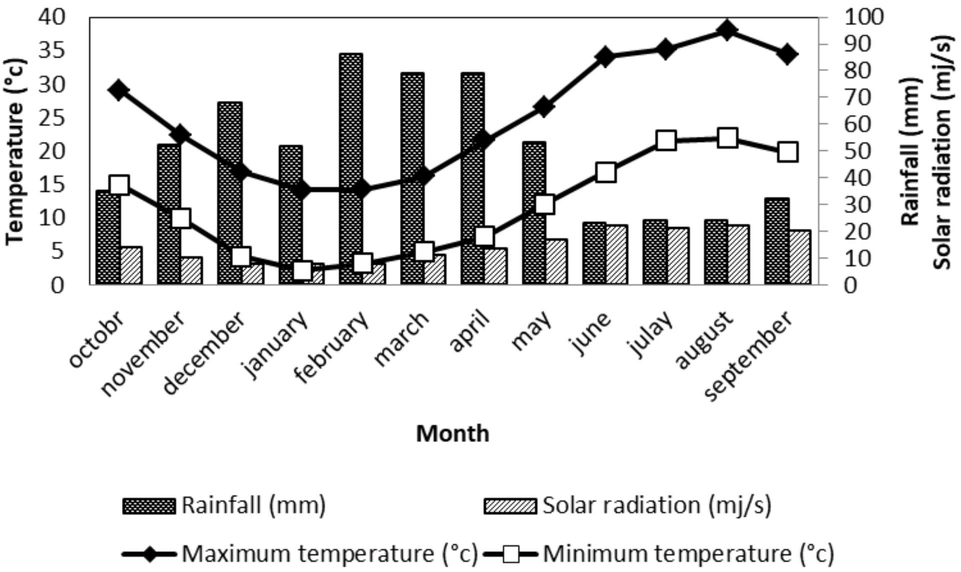
کردند. ایشان اختلاف عملکرد بین عملکرد پتانسیل و عملکرد واقعی مزارع را در بیشتر موارد، به نامناسب‌بودن عوامل خاکی و ضعف در مدیریت زراعی کشاورزان نسبت دادند.

کاهش عملکرد در مزارع کشاورزان نسبت به عملکرد پتانسیل در واحد سطح و تشخیص عوامل ایجادکننده این خلأ عملکرد، ضرورت اجرای چنین تحقیقی در استان گلستان، شهرستان گنبد کاووس را ایجاب نمود. بنابراین پژوهش حاضر به‌منظور تعیین خلأ عملکرد نخودفرنگی و تعیین عوامل محدودکننده عملکرد و سهم هر یک از آنها در ایجاد خلأ عملکرد در مزارع نخودفرنگی در شهرستان گنبدکاووس انجام شد.

مواد و روش‌ها

طرح آزمایشی، آماده‌سازی و مراقبت‌های زراعی

این مطالعه در سال ۹۷-۱۳۹۶ به‌منظور تعیین خلأ عملکرد نخودفرنگی و تعیین عوامل محدودکننده عملکرد و سهم هر یک از آن‌ها در ایجاد خلأ عملکرد در مزارع نخودفرنگی در شهرستان گنبد کاووس انجام شد. اطلاعات بیشینه، کمینه و میانگین دما و بارندگی شهرستان در فصل زراعی ۹۷-۱۳۹۶ (مهرماه ۱۳۹۶ لغایت شهریور ۱۳۹۷) در شکل۱ آورده شده است.



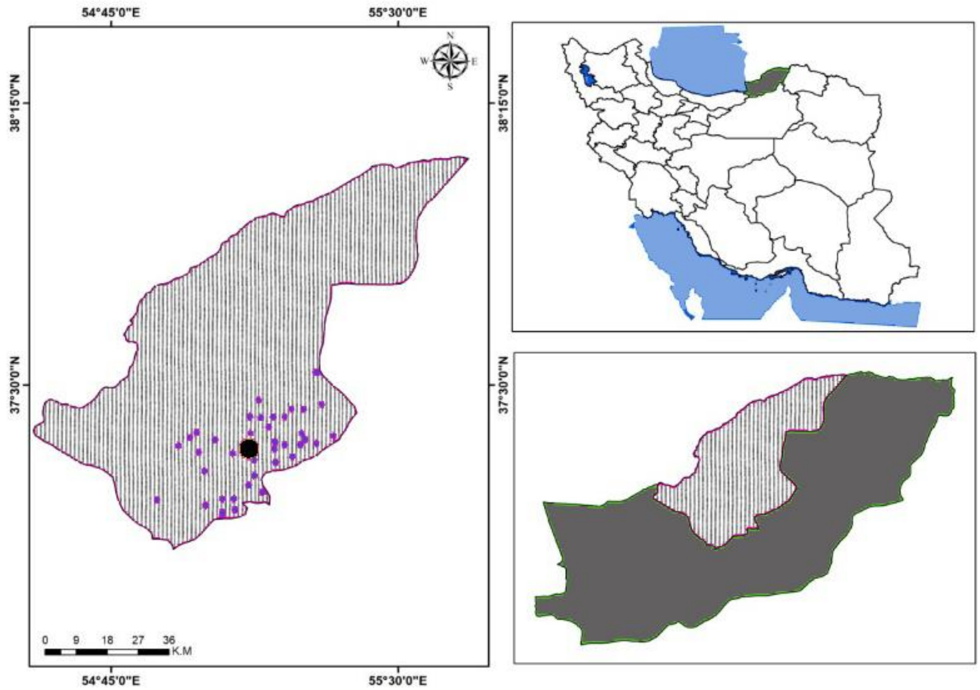
شکل ۱- میانگین بلندمدت ماهانه حداکثر (دایره‌های تاریک) و حداقل دما (دایره‌های روشن)، بارندگی (ستون روشن) و تشعشع خورشیدی (ستون تاریک) در منطقه گنبدکاووس

Fig. 1. Mean long-term monthly maximum (dark circles) and minimum temperature (light circles), rainfall (light column) and solar radiation (dark column) in the Gonbad kavus region

جهت جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز برای کمی‌سازی تولید و برآورد خلأ عملکرد نخودفرنگی نیاز به انجام کار میدانی و مصاحبه شخصی (چهره به چهره) با کشاورزان وجود دارد. بدین منظور حداقل ۴۰ مزرعه نخودفرنگی واقع در محدوده جغرافیایی تعیین شده مورد پایش قرار گرفت. این مزارع منتخب از قسمت‌های شمال گنبدکاووس شامل روستاهای سارلی‌مختوم، عوض‌حاجی، قره‌محمدتپه، آق‌آباد، حاجی‌قوشان، توتلی‌کوچک، امانقرجه و از جنوب گنبدکاووس شامل روستاهای قل‌حاجی، سمبه‌مختوم، کاکا، باغلیمرامه، کوچک‌الوم، زابل‌آباد و از شرق گنبدکاووس شامل روستاهای پشمک‌پناده، قزلجه‌ماتی، اسلام‌آباد، گدایجه، سارجه‌کر، کوچک‌یورت‌شیخان و از غرب گنبدکاووس شامل روستاهای سلطانعلی، حالی‌آخوند، ساری‌بخش، قزاقلی، پتکه و ایمرملاساری شدند (شکل ۲).

عملیات پایش در طی فصل رشد محصول به صورت هفتگی و با دقت انجام گرفته و مشاهدات حاصل از پایش مزارع

ثبت شد. مزارع انتخابی جهت پایش به گونه‌ای انتخاب شدند که از تنوع کافی از لحاظ مکانی (جهت ایجاد تنوع در خصوصیات مزرعه مانند کیفیت خاک و وسعت مزارع) و زمانی (جهت ایجاد تنوع در عملیات تهیه بستر و تاریخ‌های کشت) و همچنین سطح معلومات و شرایط درآمدی کشاورز و در نهایت از نظر نحوه انجام عملیات، برخوردار باشند و تحت این شرایط، تنوع لازم در نوع روش‌های کاشت، داشت، برداشت و تکنولوژی‌های استفاده‌شده و سایر موارد ایجاد شد.



شکل ۲- نقشه اراضی مورد مطالعه

Fig. 2. Map of the studied lands

جمع‌آوری داده‌ها به‌صورت یک‌ساله در سال زراعی ۱۳۹۶-۹۷ صورت گرفت. اطلاعات مورد نیاز مربوط به مزرعه (موقعیت، جهت شیب و...)، مدیریت زراعی شامل عملیات تهیه زمین (نوع ادوات، نوع شخم، تعداد و زمان شخم، دیسک و...)، رقم مورد استفاده (نحوه ضدعفونی بذور، میزان بذر و وسیله کاشت)، زمان‌کاشت، کود (نوع کود، میزان مصرفی کود پایه و کود سرک)، مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های‌هرز (میزان مصرف و نوع سموم مصرفی)، مسائل مربوط به برداشت (نوع ادوات، زمان برداشت و میزان عملکرد)، اطلاعات مربوط به خاک و گیاه زراعی در طول فصل رشد و مشکلات تولید از قبیل مشکل ورس، آفات، بیماری‌ها و علف‌های‌هرز در هر مزرعه از طریق مشاهده، پرسش از کشاورزان و یا اندازه‌گیری تکمیل شد. اطلاعات مربوط به ویژگی‌های خاک شامل EC، PH، درصد کربن آلی، فسفر و پتاسیم قابل‌جذب، درصد رس- سیلت-ماسه و کلاس بافت خاک با استفاده از نقشه‌های رقومی موجود در مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان حاصل شد.

برای تعیین میزان خلأ عملکرد و شناسایی عوامل ایجادکننده آن از تحلیل مقایسه کارکرد استفاده شد (Torabi *et al.*, 2011). در این روش رابطه بین تمام متغیرهای اندازه‌گیری‌شده (کمی و کیفی) و عملکرد با استفاده از روش رگرسیون چندگانه مورد بررسی قرار گرفت. در این بخش ابتدا برای تعیین این‌که کدام متغیرها باید در مدل نهایی تولید گنجانده شوند، از گزینش متغیر با استفاده از روش گام به گام[1] استفاده شد (Rezaei & Soltani, 1998). با قراردادن متوسط مشاهده‌شده متغیرها (xها) در مزارع بررسی‌شده در مدل عملکرد، عملکرد متوسط با مدل محاسبه گردید. سپس با

1-Step Wise

قراردادن بهترین مقدار مشاهده‌شده متغیرها در مدل، حداکثر عملکرد قابل حصول محاسبه شد. اختلاف بین این دو عملکرد به‌عنوان خلأ عملکرد در نظر گرفته شد. اختلاف حاصل‌ضرب مقدار متوسط مشاهده‌شده برای هر متغیر در ضریب آن با حاصل‌ضرب مقدار بهترین مشاهده‌شده برای همان متغیر در ضریب همان متغیر نشان‌دهنده مقدار خلأ عملکرد ایجادشده برای آن متغیر بود. نسبت خلأ عملکرد برای هر متغیر به کل خلأ عملکرد، نشان‌دهنده سهم آن متغیر در ایجاد خلأ عملکرد بود و به صورت درصد نشان داده شد (Torabi *et al.*, 2011).

در این مطالعه، عملکرد در واحد سطح به عنوان متغیر وابسته لحاظ گردید و سایر متغیرها از قبیل سن و تجربه کشاورز، تاریخ کاشت، تراکم بوته در مترمربع، مدیریت بقایای گیاهی، نوع خاک‌ورزی، مصرف کودهای پایه و سرک، مقدار مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاس، مصرف آفت‌کش و علف‌کش، مصرف کود بیولوژیک و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند.

تجزیه آماری

تجزیه و تحلیل صفات مورد ارزیابی در این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار SAS (Soltani, 2006) انجام شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel و Word صورت گرفت.

نتایج و بحث

بررسی خلأ عملکرد نخودفرنگی

در این مطالعه، از بین متغیرهای مورد بررسی، مدل (معادله نهایی رگرسیون) با هفت متغیر مستقل انتخاب شد. این مدل ۷۲ درصد از کل تغییرات عملکرد را توجیه نمود ($P<۰/۰۰۰۱$) که مدل عملکرد به صورت زیر بود:

معادله ۱- مدل عملکرد

$$Y= 7941-55.5X_1+29.24X_2+236.58X_3+12.45X_4+141.56X_5+3.57X_6+4.94X_7$$

که در آن، Y: عملکرد دانه نخودفرنگی (کیلوگرم در هکتار)، X_1: میزان بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار)، X_2: میزان نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار)، X_3: دفعات مصرف علف‌کش، X_4: مقدار پتاسیم قابل‌جذب در خاک، X_5: درصد مواد آلی خاک، X_6: مقدار فسفر قابل‌جذب در خاک، X_7: تجربه کشاورز در کشت نخودفرنگی (سال) می‌باشند.

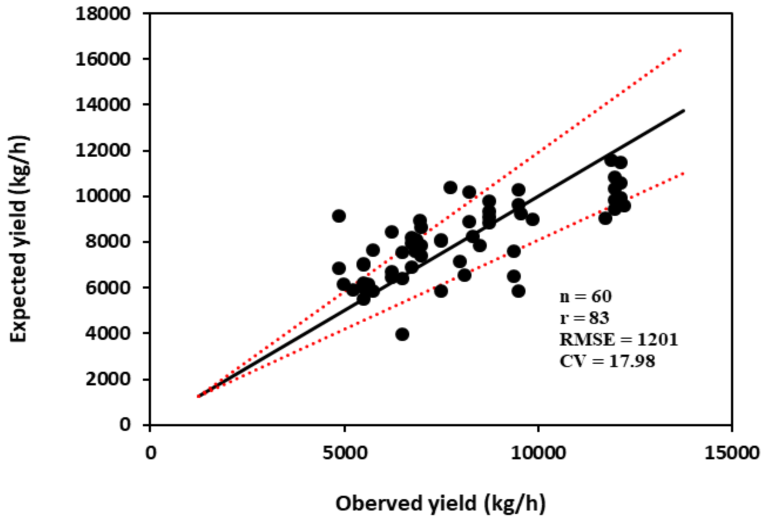
کل خلأ عملکرد نخودفرنگی و سهم هر یک از عوامل محدودکننده عملکرد نسبت به آن در جدول ۱ نشان داده شده است. بر طبق مدل عملکرد، متوسط و حداکثر عملکرد به ترتیب ۷۹۴۱/۲ و ۱۷۷۰۸/۱ کیلوگرم در هکتار تخمین‌زده‌شده است (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام و سهم هر یک از عوامل محدودکننده در ایجاد خلأ عملکرد نخودفرنگی

Table 1. Results of stepwise regression analysis and contribution of each limiting factor in pea yield gap

متغیر Variable	ضریب Coefficient	مقادیر متغیر Variable values		عملکرد محاسبه‌شده با مدل Yield calculated by model		خلأ عملکرد Yield gap	
		میانگین Mean	بهینه Optimal	میانگین Mean	بهینه Optimal	مقدار Value	درصد (%)
عرض از مبدأ Width from origin	0.86	4.00	4.00	39283.40	39283.40	-	-
میزان بذر مصرفی Seeding rate	-13.89	209.31	67.48	-2907.44	-937.24	1970.20	19.56
میزان نیتروژن مصرفی Nitrogen rate	7.31	85.40	319.66	624.37	2336.87	1712.50	17.04
دفعات مصرف علف‌کش Frequency of herbicide application	345.00	1.08	5.47	373.75	1886.85	1513.10	15.02
مقدار پتاسیم قابل‌جذب در خاک Soil available potassium	3.11	224.36	655.90	698.47	2041.87	1343.40	13.34
مواد آلی خاک Soil organic matter	1035.39	0.652	1.90	674.56	1964.96	1290.40	12.81
مقدار فسفر قابل‌جذب در خاک Soil available phosphorus	65.89	7.810	25.96	514.63	1710.33	1195.70	11.87
تجربه کشاورز Farmer experience	18.73	22.93	78.63	429.63	1473.03	1043.40	10.36
میانگین عملکرد Mean yield	-	7812.10	11342.00	7941.20	17708.10	1438.38	-

شکل۳، رابطه بین عملکردهای واقعی مزارع و عملکرد تخمین‌زده‌شده توسط مدل تولید با ضریب همبستگی ۰/۸۳ را نشان می‌دهد. جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب تغییرات مدل به ترتیب ۱۲۰۱ کیلوگرم در هکتار و ۱۷/۹۸ درصد می‌باشد. این آماره‌ها نشان می‌دهند که دقت مدل مناسب است و می‌تواند برای تعیین میزان خلأ عملکرد و سهم هر یک از محدودیت‌های عملکرد به کار گرفته شود. یافته‌های شکل۳ رابطه بین عملکرد واقعی (مشاهده‌شده) و عملکرد پیش‌بینی‌شده را نشان می‌دهد. این آماره مشخص کرد که دقت مدل (معادله تولید) مناسب بوده و می‌تواند برای برآورد میزان خلأ عملکرد و تعیین سهم هر یک از متغیرهای محدودکننده عملکرد به کار گرفته شود.

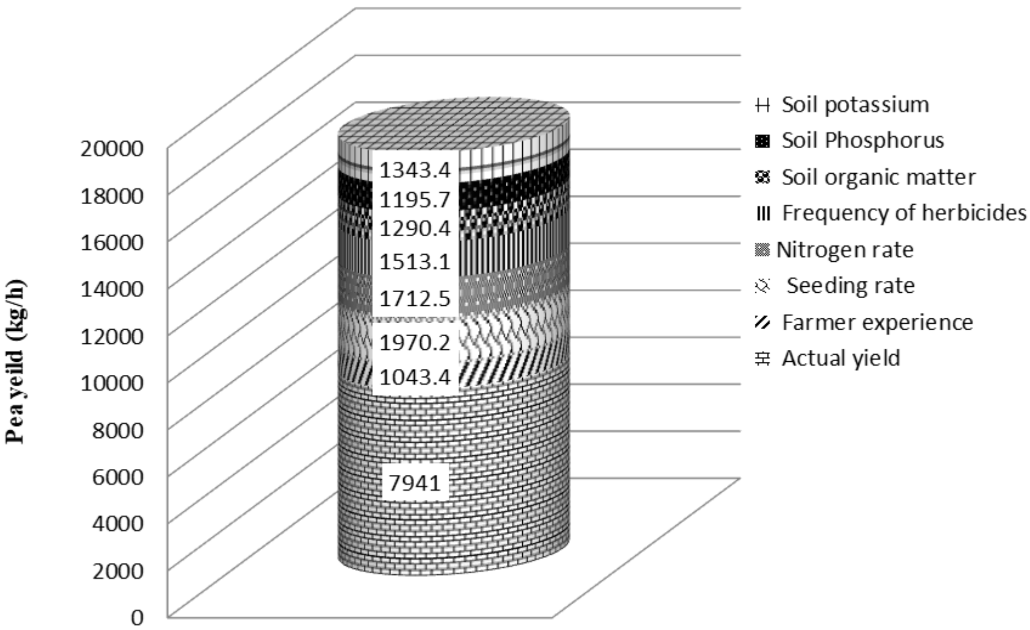


شکل ۳- رابطه بین عملکرد مشاهده‌شده و پیش‌بینی‌شده

خطوط منقطع نشان دهنده اختلاف ۲۰ درصد بالا و پایین عملکرد مشاهده‌شده و پیش بینی‌شده هستند.
خط وسط (ممتد)، خط ۱:۱ می‌باشد.

Fig. 3. Relationship between observed and predicted yield
The dashed lines represent a difference of 20% above and below the observed and predicted yield.
The middle line (continuous) is the 1: 1 line.

خلأ عملکرد کل تخمین‌زده‌شده توسط هفت متغیر تجربه کشاورز در کشت نخودفرنگی، میزان بذر مصرفی، میزان نیتروژن مصرفی، دفعات کاربرد علف‌کش، درصد مواد آلی خاک، مقدار فسفر قابل‌جذب در خاک و مقدار پتاسیم قابل‌جذب در خاک، ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار بود و نشان‌دهنده این مفهوم است که بین عملکرد واقعی کشاورزان و آن مقدار عملکردی که می‌توانستند برداشت کنند، ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار فاصله وجود دارد که با اعمال مدیریت‌های مناسب‌تر قابل کاهش یا حذف خواهد بود. از این میزان خلأ عملکرد، ۱۳۴۳/۴ کیلوگرم در هکتار (۱۹/۵۶ درصد از ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار) تحت تأثیر میزان بذر مصرفی، ۱۷۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار (۱۷/۰۴ درصد از ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار) تحت تأثیر میزان نیتروژن مصرفی، ۱۵۱۳/۱ کیلوگرم در هکتار (۱۵/۰۲ درصد از ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار) تحت تأثیر دفعات مصرف علف‌کش، ۱۳۴۳/۴ کیلوگرم در هکتار (۱۳/۳۴ درصد از ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار) تحت تأثیر مقدار پتاسیم قابل‌جذب در خاک، ۱۲۹۰/۴ کیلوگرم در هکتار (۱۲/۸۱ درصد از ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار) تحت تأثیر درصد مواد آلی خاک، ۱۱۹۵/۷ کیلوگرم در هکتار (۱۱/۸۷ درصد از ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار) تحت تأثیر مقدار فسفر قابل‌جذب در خاک و ۱۰۴۳/۴ کیلوگرم در هکتار (۱۰/۳۶ درصد از ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار) تحت تأثیر تجربه کشاورز در کشت نخودفرنگی بوده است (شکل ۴).



شکل ۴- سهم محدودیت‌های اصلی خلأ عملکرد در نخودفرنگی در شهرستان گنبدکاووس
Fig. 4. Contribution of main constraints of peas yield gap in Gonbad kavus

جدول۱ خلأ عملکرد کل نخودفرنگی در شهرستان گنبدکاووس و سهم هر یک از عوامل محدودکننده عملکرد را نسبت به آن نشان می‌دهد. در مدل عملکرد، متوسط و حداکثر عملکرد به‌ترتیب ۷۹۴۱/۲ و ۱۷۷۰۸/۱ کیلوگرم در هکتار تخمین زده شد که با متوسط و حداکثر عملکرد مشاهده‌شده (۷۸۱۲/۱ و ۱۱۳۴۲ کیلوگرم در هکتار) قابل مقایسه هستند. کل خلأ عملکرد تخمین‌زده‌شده نخودفرنگی در شهرستان گنبدکاووس برابر ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار بود. این بدان معنی است که بین عملکرد واقعی کشاورزان شهرستان گنبدکاووس و آنچه می‌توانند برداشت کنند، ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار فاصله وجود دارد که با مدیریت مناسب‌تر قابل حذف یا کاهش خواهد بود (جدول ۱). طبق یافته‌های روش CPA، میزان بالای خلأ عملکرد و سهم هر یک از عوامل مؤثر بر آن نشان می‌دهد که با مدیریت مناسب می‌توان بخش قابل‌توجهی از این خلأ را جبران کرد و به عملکرد پتانسیل رسید. دستیابی به عملکرد پتانسیل به‌ندرت در محصولات زراعی حاصل می‌شود و در عمل تنها بخشی از آن به‌عنوان محصول واقعی از مزرعه برداشت می‌شود.

محققان با ارزیابی پتانسیل و خلأ عملکرد مرتبط با مدیریت زراعی ارقام اصلاح‌شده برنج در منطقه نکا گزارش کردند که از حدود ۱۵۰ متغیر مورد بررسی، مدل نهایی CPA با هشت متغیر مستقل انتخاب شد. در مدل عملکرد، متوسط و حداکثر عملکرد به ترتیب ۷۱۹۴ و ۹۲۴۱ کیلوگرم در هکتار تخمین زده شد. کل خلأ عملکرد تخمین‌زده‌شده برابر ۲۰۴۷کیلوگرم در هکتار به دست آمد. میزان افزایش عملکرد مربوط به متغیرهای تناوب زراعی و بذر گواهی‌شده به ترتیب برابر ۱۱۱ و ۱۴۱ کیلوگرم در هکتار بود. مقدار افزایش عملکرد مربوط به اثر کود سرک و پتاسیم مصرفی نیز به ترتیب برابر ۳۲۷ و ۶۷۴ کیلوگرم در هکتار معادل ۱۶ و ۳۳ درصد از کل تغییر عملکرد بود. همچنین، میزان افزایش عملکرد مربوط به متغیر مصرف نیتروژن بعد از گل‌دهی و محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها به ترتیب برابر ۳۲۴ و ۲۱۴ کیلوگرم در هکتار معادل ۱۶ و ۱۰ درصد از کل افزایش عملکرد مشاهده شد. میزان خسارت عملکرد ناشی از دو متغیر پیش‌کاشت کلزا و تاریخ بذرپاشی در خزانه به‌ترتیب برابر ۲ و ۱۱ درصد از کل

افـــزایش عملکـــرد (۳۴ و ۲۲۳ کیلـــوگرم در هکتـــار) بـــود (Gorjizad *et al.*, 2019).

به‌نظـر مـی‌رسـد عملکـردی معـادل ۸۰ درصـد عملکـرد پتانسیل، یک آستانه تقریبی مطلوب از نظر اقتصادی در بیشـتر نظام‌های کاشت گیاهان زراعی باشـد (Lobell *et al.*, 2009). دستیابی به عملکرد بالاتر از ۸۰ درصد عملکرد پتانسیل اگرچـه امکان‌پذیر است، اما شاید با توجه به قیمت ادوات، کـود، سـم و همچنین همپوشانی فصل کاشت محصـولات، از نظـر اقتصـادی برای کشاورزان منطقه مقرون به صرفه نباشـد. عـلاوه بـر ایـن، مشاهده‌های تجربی نشان می‌دهد کـه مهـم‌تـرین مشـکل خـلأ عملکردهای بالا در گیاهان زراعی در ایران شیوه‌هـای مـدیریتی ناکارآمـد در مـزارع کشـاورزان اسـت (Torabi *et al.*, 2011). اگرچـه هـدف از ایـن پـژوهش بـرآورد میـزان خـلأ عملکـرد نخودفرنگی بوده است و دلایل بـه‌وجودآمـدن ایـن میـزان خـلأ عملکرد نیازمند بررسی و مطالعه بیشتر است، اما محتمـل‌تـرین راهکار که می‌تواند منجـر بـه افـزایش عملکـرد و کـاهش خـلأ عملکرد شود، بهبود مدیریت زراعی در مزارع کشاورزان است.

روش‌های رگرسـیونی چنـدمتغیره اگرچـه دارای مزایـایی هستند، اما همانند شرایط مزرعه توسط عوامل متعددی محدود می‌شوند که در روش آنالیز خط مرزی، این موارد وجود نـدارد و تنها اثر یک عامل یا محـدودیت مـورد بررسـی قـرار مـی‌گیـرد (Nezamzadeh *et al.*, 2019). با تمام این تفاسـیر مـی‌تـوان گفت که خلأ عملکرد محاسبه‌شده در این پـژوهش بـه تعریـف ارائه‌شده توسط محققان در مورد خلأ عملکرد قابل بهره‌بـرداری نزدیک بـوده و اخـتلاف بـین عملکـرد واقعـی و عملکـرد قابـل حصول با توجه به شـرایط محیطـی منطقـه را نشـان مـی‌دهـد (Connor *et al.*, 2011). یکی از محدودیت‌های این پـژوهش تعداد سال‌های اجرای آن است؛ هرچه تعـداد سـال انجـام یـک مطالعه بیشـتر باشـد، تخمـین تـأثیر نوسـانات اقلیمـی و آب و هوایی دقیق‌تر اسـت (Egli & Hatfield, 2014; Lobell *et al.*, 2009). بـرای کـاهش خـلأ عملکـرد مشـخص‌کـردن محدودیت‌های عملکـرد در یـک ناحیـه خـاص ضـروری اسـت (Van Ittersum *et al.*, 2013). با توجه بـه ایـن‌کـه عملکـرد پتانسیل محاسبه‌شده در این آنالیز در منطقه، از طریق داده‌های واقعی هر مزرعه حاصل شـده، عملکـرد پتانسـیل حاصـل‌شـده وابسته به منطقه بوده و می‌توان گفت که این عملکرد پتانسیل، قابـل حصـول اسـت (Zhang *et al.*, 2014). در واقعیـت، پژوهش‌های چندمنطقه‌ای، اثر تـاریخ کاشـت، تـاریخ برداشـت، اقلیم و شرایط خاکی متفاوتی را به گیاه تحمیل می‌کند (Van Ittersum *et al.*, 2013)؛ در صـورتی کـه عملکـرد پتانسـیل به‌دست‌آمده در یـک ایسـتگاه تحقیقـاتی و یـا در شـبیه‌سـازی عملکرد پتانسیل با مدل‌های گیاهی این‌گونه محدودیت‌ها وجود ندارد. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان می‌دهد کـه اسـتفاده از CPA در مطالعات خلأ عملکرد می‌تواند به‌خـوبی پاسـخ‌هـای عملکرد را به عوامل مدیریتی از طریق شناسایی سهم هر متغیر نشان دهد. با استفاده از این پاسخ‌ها می‌توان بهترین مـدیریت و برنامه‌ریزی را برای رسیدن به بالاترین عملکـرد مشـخص کـرد. البته استفاده از این روش معـایبی نیـز داشـته اسـت؛ از جملـه برهم‌کنش متغیرهای تأثیرگذار بـر عملکـرد را غیرمعنـی‌دار در نظر گرفته و تنها به آنالیز تأثیر یک متغیر بر عملکرد می‌پردازد، در حالی که در واقعیت، عملکرد حاصل برهم‌کنش مجموعـه‌ای از عوامل است (Yousefian *et al.*, 2019). توجه به این نکته ضروری است که استفاده از سـایر روش‌هـای بـرآورد عملکـرد پتانسیل مانند استفاده از مدل‌هـای گیـاهی در کنـار CPA کـه می‌تواند نکات بسیار مهمـی از محـدودیت‌هـای تولیـد در یـک منطقه را آشکار نماید نیز لحاظ شـود (Shokrgozar Darabi *et al.*, 2019). در مطالعـــه‌ای بـــا هـــدف تحلیـــل عوامـــل محدودکننده عملکرد گندم در شـرایط گرگـان بـه روش CPA گزارش شد که خلأ عملکرد برابر ۲۳۴۸ کیلوگرم در هکتار بـود که میزان مصرف پتاسـیم، مـدیریت، تغذیـه نیتـروژن و تـاریخ کاشت به‌ترتیب با ۲۰، ۶۱ و ۱۹ درصد مهم‌ترین عوامل مؤثر در خلأ عملکرد بودند که با بهینه‌سازی آن‌ها می‌تـوان بـا مـدیریت این عوامل خلأ عملکرد گندم در گرگان را جبران کرد (Torabi *et al.*, 2011). در مطالعه‌ای دیگـر در منطقـه بنـدرگز اسـتان گلسـتان میـزان خـلأ عملکـرد گنـدم بـه روش CPA، برابـر ۳۴۶۲کیلوگرم در هکتار گزارش شد (Nekahi *et al.*, 2014). شناخت پتانسیل‌ها و همچنین میزان و نحوه تـأثیر هـر یـک از عوامل محدودکننده عملکرد به‌صورت جداگانه، نقش مهمـی در تعیین راهبردهای مدیریتی جایگزین جهت رسیدن به حـداکثر عملکـرد دارد (Main *et al.*, 2013). پژوهشـگران در بررسـی عوامل مؤثر در خلأ عملکرد ذرت دریافتند که خاک دارای بافت سبک، مساحت مزارع، تعداد بذر کاشته‌شده در هر کپـه و عـدم انجـام عملیـات تنـک بـه‌ترتیـب بـا ۲۷، ۳۰، ۳۰ و ۱۳ درصـد، مهـم‌تـرین عوامـل ایجـاد کـاهش عملکـرد در ذرت بودنـد (Pradhan *et al.*, 2004).

میزان بذر مصرفی

نتایج تجزیه مقایسه کارکرد نشان داد که اولین عاملی که بیشترین سهم را در محدودیت عملکرد نخودفرنگی داشت، مقدار بذر مصرفی در هکتار است که سبب ۱۹/۵۶ درصد (۱۹۷۰ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد شده بود (جدول ۱ و شکل ۴). عامل عمده‌ای که معمولاً مقدار بذر مصرفی را در مناطق خشک و نیمه‌خشک تعیین می‌کند، مقدار رطوبت قابل استفاده خاک است که انتظار می‌رود در دسترس محصول قرار گیرد. از این جهت هرچه شرایط و فصل رشد خشک‌تر باشد، میزان بذر کمتری می‌کارند. با توجه به این‌که کشت نخودفرنگی در منطقه مورد مطالعه اکثراً به صورت دیم‌کاری انجام می‌شود، حصول عملکرد مناسب، متکی به باران در طی فصل رشد نخودفرنگی می‌باشد و به تبع آن در تراکم‌های بالا اثرات تنش رطوبتی بر کاهش عملکرد نخودفرنگی مشهود خواهد بود. ضریب منفی متغیر میزان بذر مصرفی به این معنی است که هر چه مقدار بذر در هکتار بیشتر مصرف شود، عملکرد نهایی کاهش بیشتری می‌یابد. به عبارتی اگر کشاورزان میزان بذر مصرفی در هکتار را در حد بهینه (۷۵ کیلوگرم در هکتار) بکار ببرند، به عملکرد نخودفرنگی ۱۹۷۰ کیلوگرم در هکتار افزوده می‌شود و خلأ عملکرد ۱۹/۵۶ درصدی حاصل از مصرف زیادی بذر از بین خواهد رفت.

میزان نیتروژن مصرفی

نتایج تجزیه کارکرد نشان داد که میزان نیتروژن مصرفی، سبب ۱۷/۰۴ درصد (۱۷۱۲ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد شده بود و به عبارتی با مصرف بهینه میزان نیتروژن به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد نخودفرنگی در منطقه مورد بررسی، ۱۷۱۲ کیلوگرم افزایش خواهد یافت. نتایج تحقیقات Hajjarpour *et al*, (2018) نشان داد مصرف بهینه کودهای نیتروژن‌دار در زراعت گندم می‌توانند باعث رفع ۲۵ درصد (۱۰۴۲ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد شود. واکنش گیاهان به عناصر محدودکننده رشد گیاه از قانون بازده نزولی تبعیت می‌کند. علاوه بر این افزایش عناصر غذایی تا یک حد باعث افزایش عملکرد می‌گردد و بعد از آن نه تنها باعث افزایش نمی‌گردد، بلکه ممکن است باعث کاهش عملکرد نیز گردد (Shokrgozar Darabi *et al.*, 2019). کمبود شدید نیتروژن سبب ریزش برگ‌ها از پایین گیاه به بالا می‌شود. زیادی نیتروژن موجب رشد بیش از حد قسمت هوایی و نسبت بالای قسمت هوایی به ریشه می‌شود و در بیشتر مواقع شروع گل دهی را در محصولات کشاورزی به تأخیر می‌اندازد. از طرفی کمبود نیتروژن، گل‌دهی را تسریع می‌کند. بنابراین یکی از عوامل مهم در کاربرد محلول‌های غذایی، کنترل میزان نیتروژن است که به دو عامل غلظت و نوع منبع نیتروژن بستگی دارد و به‌نوبه خود می‌تواند عملکرد و کیفیت تولید را تحت تاثیر قرار دهد (Moshrefi Araghi *et al.*, 2014).

دفعات مصرف علف‌کش

نتایج نشان داد که تعداد دفعات مصرف علف‌کش سبب ۱۵/۰۲ درصد (۱۵۱۳ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد شده بود (جدول ۱). به عبارتی با مصرف علف‌کش تا دو بار در طی فصل رشد محصول، عملکرد نخودفرنگی ۱۵۱۳/۳ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. یکی از مهم‌ترین موانع تولید و حصول عملکردهای بالا در زراعت، علف‌های‌هرز هستند. نتایج تحقیقات Hajjarpour *et al.*, (2017) نشان داد که عدم استفاده از علف‌کش نیز باعث ۵ درصد (۲۰۸/۹ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد شده بود.

مقدار پتاسیم قابل‌جذب در خاک

در این مطالعه، مقدار پتاسیم قابل‌جذب در خاک چهارمین عاملی است که بعد از میزان بذر مصرفی، میزان نیتروژن مصرفی و تعداد دفعات مصرف علف‌کش بیشترین سهم را در محدودیت عملکرد نخودفرنگی در منطقه مورد مطالعه داشت، به‌طوری که این عامل سبب ۱۳/۳۴ درصد خلأ عملکرد شده بود که از نظر وزنی معادل ۱۳۴۳/۴ کیلوگرم در هکتار بود. هنگامی که مقدار پتاسیم قابل‌جذب در خاک در حد بهینه (۲۵۰ قسمت در میلیون) بود، عملکرد نخودفرنگی به میزان ۱۳۴۳/۴ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت (جدول ۱). کمبود پتاسیم باعث تضعیف سیستم ریشه‌ای می‌شود که موجب کاهش جذب عناصر غذایی لازم و در نتیجه تولید بذور و میوه‌های کوچک و چروکیده و در نهایت کاهش عملکرد می‌گردد. تقریباً ۷۵ درصد پتاسیم جذب شده توسط غلات دانه‌ریز، در بقایای محصول باقی می‌ماند. بنابراین ترکیب بقایای گیاهی با خاک بعد از برداشت، مقدار قابل توجهی از پتاسیم را به چرخه باز می‌گرداند (Poori *et al.*, 2012). با توجه به این‌که در منطقه مورد مطالعه بخش اعظم بقایای گیاهی به‌عنوان علوفه از مزارع خارج می‌شود و همچنین به سبب آتش‌زدن بقایای گیاهی، کاهش پتاسیم خاک خیلی سریع رخ می‌دهد، بنابراین حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک و عدم آتش‌زدن بقایای گیاهی کمک قابل‌توجهی به افزایش پتاسیم در خاک می‌کند.

مواد آلی خاک

نتایج این بررسی نشان داد که مواد آلی خاک سبب ۱۲/۸۱ درصد (۱۲۹۰ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد شده بود (جدول ۱). مقدار مواد آلی خاک تابعی از عوامل مختلف از جمله اقلیم، خصوصیات خاک و مدیریت زراعی می‌باشد (Shahbazi & Besharati, 2013) که با توجه به نقش مواد آلی در بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و پایداری کیفیت خاک، مقدار آستانه مواد آلی در خاک در حدود ۲درصد اظهار شده است (Mirzashahi, 2017). واقع‌شدن ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک سبب شده است تا بخش قابل‌توجهی از اراضی کشور از نظر مواد آلی وضعیت مطلوبی نداشته باشد، به طوری‌که در ۶۳/۲ درصد خاک‌های کشور، درصد مواد آلی کمتر از یک درصد است (Shahbazi & Besharati, 2013). اقلیم منطقه مورد مطالعه نیز بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، نیمه‌خشک می‌باشد که متأثر از آن ۹۱/۶ درصد مزارع مورد بررسی، کمتر از یک درصد مواد آلی داشتند که به‌دلیل فرسایش، عدم استفاده از کودهای آلی، شخم زیاد، جمع‌آوری بقایای گیاهی و سوزاندن آن‌ها مواد آلی خاک نسبت به ۴۰سال گذشته کاهش یافته است، به‌طوری که افزایش و پایداری تولید را در این منطقه با خطر مواجه کرده است.

مقدار فسفر قابل‌جذب در خاک

مقدار فسفر قابل‌جذب در خاک، ششمین عاملی است که بیشترین سهم را در محدودیت عملکرد نخودفرنگی داشت که باعث ۱۱/۸۷ درصد (۱۱۹۵ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد شده بود (جدول ۱ و شکل ۴). فسفر یکی از عناصر مهم در تغذیه گیاهی بوده و پس از نیتروژن بیشترین مصرف را در دنیا دارد. کمبود فسفر در خاک باعث کاهش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود و یکی از عوامل محدودکننده رشد گیاهان در اغلب خاک‌ها است. کودهای فسفری برای افزایش میزان فسفر و حاصلخیزی خاک و ظرفیت تولید محصولات کشاورزی در زراعت‌های مختلف استفاده می‌شوند (Markarian *et al.*, 2015). در مطالعه Tavajjoh *et al*, (2016) افزایش فسفر به‌طور معنی‌دار عملکرد کلزا را افزایش داد و این نتایج به دلیل اثر مثبت فسفر بر توسعه و رشد ساقه و برگ‌ها و در نتیجه افزایش رشد رویشی و زایشی گیاه، تولید بوته‌هایی با ارتفاع بیشتر و افزایش تعداد غلاف از طریق افزایش مواد پرورده بود.

تجربه کشاورز

در این مطالعه، نتایج حاکی از آن بود که از بین عوامل مورد بررسی، تجربه کشاورز در کشت نخودفرنگی با ۱۰/۳۶درصد (۱۰۴۳/۴ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد، کمترین سهم را در محدودیت عملکرد و ایجاد فاصله از عملکرد قابل حصول داشت (جدول ۱ و شکل ۴). به نظر می‌رسد آموزش‌های فنی کشاورزان، انتقال یافته‌های جدید تحقیقاتی و ارتقاء سطح دانش آنان می‌تواند از سهم ۱۰/۳۶ درصدی این عامل بکاهد و باعث کمترشدن فاصله از عملکرد قابل حصول شود (Mansouri rad *et al.*, 2018).

در مطالعه Nekahi *et al*, (2014) سابقه کشاورز در کشت گندم ۳۵۴ کیلوگرم در هکتار (۱۰ درصد) در خلأ عملکرد گندم نقش داشت. آنان بیان داشتند که کشاورزان قدیمی‌تر از روش‌های سنتی‌تر استفاده می‌کنند و به کاربرد یافته‌های جدید تحقیقاتی کمتر توجه نشان می‌دهند.

نتیجه‌گیری

براساس یافته‌ها در ۴۰ مزرعه مورد مطالعه، از حدود ۴۵متغیر مورد بررسی، مدل نهایی با هفت متغیر مستقل انتخاب شد. در مدل عملکرد، عملکرد واقعی مزرعه و عملکرد پتانسیل، محاسبه شده با مدل به‌ترتیب برابر ۷۹۴۱ و ۱۷۷۰۸ کیلوگرم در هکتار و میزان خلأ عملکرد برابر ۱۰۰۷۸/۷ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. توصیه‌های این پژوهش بر اساس یافته‌ها در سال‌های ذکرشده در منطقه است. بدیهی است که در آینده با تغییر نظام زراعی (مثل گسترش کشاورزی حفاظتی)، مدیریت زراعی و احتمالاً شرایط آب و هوایی، این توصیه‌ها ممکن است تغییر کنند. همچنین، با اصلاح عوامل درجه اول ایجادکننده خلأ عملکرد که در این مطالعه به آن پرداخته شده است، عوامل درجه دوم خود را نشان خواهند داد. بنابراین، شایسته است پایش و ارزیابی مدیریت زراعی در مزارع کشاورزان به‌طور پیوسته صورت گیرد و میزان خلأ عملکرد و عوامل مدیریتی ایجادکننده آن، شناسایی و برطرف شوند. در این پژوهش، از میان تمامی مدیریت‌های زراعی رایج کشاورزان، مواردی که در خلأ عملکرد تأثیر بیشتری داشته و در مرحله اول نیاز به تغییر و بهبود دارند، مورد اشاره قرار گرفته‌اند. بنابراین، توصیه‌های این پژوهش، مکمل سایر مدیریت‌های توصیه‌شده و معمول است.

منابع

1. Abasian, A., Nakhzarimoghadam, A., Pirdashti, H., and Gholamalipour Alamdari, E. 2017. Effect of different garlic (*Allium sativum*) and peas (*Pisum sativum*) intercropping patterns on weed population indices. Journal of Weed Science 12(2): 222-235. (In Persian with English Summary).
2. Bagheri, E., Nezami, A., and Porsa, H., 2006. An analysis to pulse research strategies in Iran based on the first national pulse symposium approaches. Journal of Field Crops Research 4(1): 1-13. (In Persian with English Summary).
3. CIA. 2018. CIA World Fact Book. World POP Clock Projection. United State.
4. Connor, D.J., Loomis, R.S., and Cassman, K.G. 2011. Crop Ecology: Productivity and Management in Agricultural Systems. Cambridge University Press. 556 p.
5. Egli, D.B., and Hatfield, J.L. 2014. Yield gaps and yield relationships in central U.S. soybean production systems. Agronomy Journal 106(2): 560-566.
6. Espe, M.B., Yang, H., Cassman, K.G., Guilpart, N., Sharifi, H., and Linquist, B.A. 2016. Estimating yield potential in temperate high-yielding, direct-seeded US rice production systems. Field Crops Research 193: 123-132.
7. Gharineh, M.H., Bakhshandeh, A.M., Andarzian, B., and Fayezizadeh, N. 2012. Agro-climatic zonation of Khouzestan province based on potential yield of irrigated wheat using WOFOST model. Agroecology 4: 255-264. (in Persian with English Summary).
8. Gorjizad, A., Dastan, S., Soltani, A., and Ajam Norouzi, H. 2019. Potential yield and yield gap associated with crop management in improved rice cultivars in Neka region. Agroecology Journal 11(1): 277-294. (In Persian with English Summary).
9. Hajjarpour, A., Soltani, A., Zeinali, E., Kashiri, H., and Aynehband, A. 2017. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) yield gap in Golestan province of Iran using comparative performance analysis (CPA) method. Iranian Journal of Crop Sciences 19(2): 86-101. (In Persian with English Summary).
10. Hajjarpour, A., Soltani, A., Zeinali, E., Kashiri, H., and Aynehband, A. 2018. Comparison of two methods for fitting boundary line in yield gap analysis: Case study of rainfed wheat in Golestan province. Journal of Crop Production 11(2): 19-33. (In Persian with English Summary).
11. Hochman, Z., Gobbett, D., Holzworth, D., McClelland, T., Van Rees, H., Marinoni, O., Garcia, J.N., and Horan, H. 2013. Reprint of quantifying yield gaps in rain-fed cropping systems: A case study of wheat in Australia. Field Crops Research 143: 65-75.
12. Lobell, D.B., Cassman, K.G., and Field, C.B. 2009. Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes. Annual Review of Environment and Resources 34(1): 179-204.
13. Lu, C., and Fan, L. 2013. Winter wheat yield potentials and yield gaps in the North China plain. Field Crops Research 143: 98-105.
14. Main, C.L., Tomas Barber, L., Boman, R.K., Chapman, K., Dodds, D.M., Duncan, S., and Bronson, K.F. 2013. Effects of nitrogen and planting seed size on cotton growth, development, and yield. Agronomy Journal 105(6): 1853-1859.
15. Mansouri Rad, A., Nakhzari Moghadam, A., Soltani, A., Rahemi Karizaki, A., and Torabi, B. 2018. Identifying soybean yield-limiting factors by using comparative performance analysis (Case study: Golestan province-Kalaleh). Journal of Crops Improvement 19(4): 1033-1046. (In Persian with English Summary).
16. Mansouri Rad, E. 2012. Soybean Agriculture Final Report. Agricultural Jihad Management in Kalaleh city, Iran. 5 p. (in Persian).
17. Markarian SH., Najafi N., Aliasgharzad N., and Oustan, Sh. 2015. Interactive effects of *Ensifer meliloti* (*Sinorhizobium meliloti*) and phosphorus on some growth characteristics of alfalfa under soil water deficit conditions. Journal of Soil Biology 3(2): 163-177. (In Persian with English Summary).
18. Mirzashahi, K. 2017. Periodic study of soil organic carbon in plains of Khuzestan and providing extensions. Journal of Land Management 5(1): 1-12. (In Persian with English Summary).
19. Moshrefi Araghi, A., Naderi, R., Babalar, M., and Taheri, M.R. 2014. Effect of different spraying levels of cycocle on vegetative growth and flowering of poinsettia pot plant (*Euphorbia pulcherrima* Willd). Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 5(1): 73-84. (In Persian with English Summary).
20. Nasiri Mahallati, M., and Koocheki, A. 2009. Agroclimatical zoning of wheat in Khorasan province: evaluation of potential and gap yield. Iranian Field Crop Researches 7: 965-702. (in Persian with English Summary).

21. Nekahi, M.Z., Soltani, A., Siahmarguee, A., and Bagherani, N. 2014. Yield gap associated with crop management in wheat (Case study: Golestan province-Bandar-Gaz). Journal of Crop Production 7(2): 135-156. (In Persian with English Summary).
22. Nezamzadeh, S.E., Soltani, A., Dastan, S., and Ajam Norouzi, H. 2019. Evaluation of yield gap associated with crop management in rapeseed productionusing comparative performance analysis (CPA) and boundaryline analysis (BLA) methods in Neka region. Applied Research in Field Crops 32(2): 76-107. (In Persian with English Summary).
23. Poori, K., Akbari, F., and Kamkar, B. 2012. The effect of different crop residues and soil compound on potassium concentration of leaf and wheat yield. Journal of Plant Production 19(4): 207-201. (In Persian with English Summary).
24. Pradhan, R. 2004. The effect of land and management aspects on maize yield. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede (ITC). The Netherlands. 52 p.
25. Rezaei, A., and Soltani, A. 1998. An Introduction to Applied Regression Analysis. Isfahan University of Technology Press, Isfahan, Iran, ISBN: 964-6029-51-5. (in Persian).
26. Seyedi, M., Azadbakht, A., and Fesahat, A. 2018. Evaluation of growing properties, yield and component yield of three chickpea cultivar in waitng and spring sowing. Journal of Agronomy and Plant Breeding 14(1): 73-86. (In Persian with English Summary).
27. Shahbazi, K., and Besharati, H. 2013. Overview of agricultural soil fertility status of Iran. Journal of Land Management 1(1): 1-15. (In Persian with English Summary).
28. Shokrgozar Darabi, M., Soltani, A., and Zeinali, A. 2019. Study of cotton yield gap with boundary-line analysis in the Aq-Qala and Ali Abad Katul cities in the Golestan province, Iran. Journal of Crop Production 11(3): 15-28. (In Persian with English Summary).
29. Soltani, A. 2006. Application of SAS in Statistical Analysis (Second Edition). JDM Press, Mashhad, Iran, ISBN: 964324137-8. (in Persian).
30. Soltani, A., and Galeshi, S. 2002. Importance of rapid canopy closure for wheat production in a temperature sub-humid environment: experimentation and simulation. Field Crops Research 77(1): 17-30.
31. Tavajjoh, M., Karimian, N., Ronaghi, A., Yasrebi, J., Hamidi, R., and Olama, V. 2016. Yield, yield components and seed quality of two rapeseed cultivars as affected by different levels of phosphorus and boron under greenhouse conditions. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 6 (4): 99-113. (In Persian with English Summary).
32. Torabi, B., Soltani, A., Galeshi, S., and Zeinali, E. 2011. Analyzing wheat yield constraints in Gorgan. Journal of Crop Production 4(4): 1-17. (In Persian with English Summary).
33. Van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P., and Hochman, Z. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance-A review. Field Crops Research 143: 4-17.
34. Van Wart, J., Kersebaum, K.C., Peng, S., Milner, M., and Cassman, K.G. 2013. Estimating crop yield potential at regional to national scales. Field Crops Research 143: 34-43.
35. Wang, N., Jassogne, L., Van Asten, P.J.A., Mukasa, D., Wanyama, I., Kagezi, G., and Giller, K.E. 2015. Evaluating coffee yield gaps and important biotic, abiotic, and management factors limiting coffee production in Uganda. European Journal of Agronomy 63: 1-11.
36. Yousefian, M., Soltani, A., Dastan, S., and Ajamnoroozi, H. 2019. Documenting production process and the ranking factors causing yield gap in rice fields in Sari, Iran. Iran Agricultural Research. In press.
37. Zhang, D., Zhang, L., Liu, J., Han, S., Wang, Q., Evers, J., Liu, J., Werf, W., and Li, L. 2014. Plant density affects light interception and yield in cotton grown as companion crop in young jujube plantations. Field Crops Research 169: 132-139.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 122-135 (Original Research Article)

Analysis of the limiting factors of pea (*Pisum sativum* L.) yield in the Mediterranean conditions, case study: Gonbad Kavus

Kamali[1], Bahram; Rahemi Karizaki[2*], Ali; Biabani[3], Abbas; and Mollashahi[4], Mahdi

1. Graduated in Agroecology, Department of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavus University; bkspkp@gmail.com
2. Assistant Professor, Department of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavus University
3. Associate Professor, Department of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavus University; abbass.biabani@gonbad.ac.ir
4. Assistant Professor, Department of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavus University; mmollashahi@gonbad.ac.ir

Received: 26 November 2019; **Revised:** 3 February 2020
Accepted: 27 February 2021; **Available Online:** 22 December 2021

DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.84317

How to cite this article:
Kamali, B., Rahemi Karizaki, A., Biabani, A., and Mollashahi, M. 2021. Analysis of the limiting factors of pea (*Pisum sativum* L.) yield in the Mediterranean conditions, case study: Gonbad Kavus. Iranian Journal of Pulses Research 12(2): 122-135.

Introduction

Pulses play an important role in supplying human food and are a major source of protein in developing countries, so they have a special role in producing food in these countries. Peas (*Pisum sativum* L.) belongs to legume family and is well adapted to the cold climate. This plant has a lot of crude protein and starch and is therefore high in energy. Evaluating the status of pulses production is essential because of their importance in feeding the people of the world and their role in the design of cultivation patterns. Eliminating the gap between the yield currently achieved on farms and the yield that can be achieved by using the best environmentally adapted varieties and the optimum water, soil and plant management techniques is a key strategy to overcome the nutritional challenge of a growing global population. In recent years, due to concerns about food safety issues, studies on the issue of yield gap have also been increasing worldwide and it is necessary to estimate the yield gap and its causes using appropriate methods. Therefore, the present study was conducted to determine the yield gap of peas and determine the limiting factors and their contribution to the yield gap in pea farms in Gonbad kavus.

Materials and Methods

This study was carried out in pea farms (40 farms) during 2017-18 in Gonbad Kavus, Golestan province. The required information about farms was completed through observation, questioning of farmers or measurement. Information on soil properties was obtained using digital maps available at the Agricultural Jihad Office of Gonbad Kavus. Comparative performance analysis (CPA) method was used to determine the yield gap rate and to identify its causes. In this method, the relationship between all measured variables (quantitative and qualitative) and yield was evaluated using multiple regression. In this section, first, we used stepwise method to determine which variables should be included in the final production model. The average

*** Corresponding Author:** rahemi@gonbad.ac.ir

yield was calculated by placing the observed variables (x) of the studied farms in the yield model. The maximum yield obtained was then calculated by placing the best observed value of the variables in the model. The discrepancy between these two functions was considered as the performance gap. The ratio of yield gap for each variable to total yield gap represents its contribution in the yield gap and was expressed as a percentage.

Results and Discussion

The actual and potential yield calculated by the model were estimated to be 7941 and 17708 kg/ha, respectively, and yield gap was 10078.7 kg/ha. The reasons for this yield gap were as follows: Seed rate (19.56%), Nitrogen rate (17.04%), Frequency of herbicide application (15.02%), amount of available potassium in soil (34 (13%), soil organic matter (12.81%), amount of available phosphorus in soil (11.87%), farmer experience (10.36%). Therefore, it seems that with proper management of farms and taking into account the yield gap factors mentioned above, the yield of peas in Gonbad kavus can be increased to about 10078.7 kg/ha in comparison with current yield.

Conclusion

Based on the results in 40 farms studied, out of 45 variables studied, the final model was selected with seven independent variables. In the yield model, the actual and potential yield of farms calculated by the model were 7941 and 17708 kg/ha, respectively, and the yield gap was 10078.7 kg/ha. The recommendations of this research are based on the findings of the mentioned years in the region. Obviously, these recommendations may change in the future with changing farming systems (such as extension of conservation agriculture), agricultural management and possibly climatic conditions. In addition, by modifying the first-order causing factors of the yield gap discussed in this study, the second-order factors will emerge. Therefore, monitoring and evaluation of crop management in farms should be carried out on a continuous basis and the yield gap and its causes identified and resolved. In this study, among all the common agricultural management of farms, the cases that have the most impact on the yield gap and need to be modified and improved in the first stage are identified.

Keywords: Herbicide، Nitrogen، Potential yield، Yield gap